

ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ
ПОЧВ

УДК 631.487:470.55

ПОЧВЫ И ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ЗАПОВЕДНИКА “АРКАИМ”
(СТЕПНОЕ ЗАУРАЛЬЕ)*

© 2012 г. В. Е. Приходько¹, И. В. Иванов¹, Д. В. Манахов², Е. В. Манахова³

¹Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
142290, Пущино, Московской обл., ул. Институтская, 2
e-mail: valprikhodko@rambler.ru

²Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, 119191, Москва, Ленинские горы
e-mail: demian2@yandex.ru

³Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7
Поступила в редакцию 17.06.2010 г.

Изучены почвы музея-заповедника “Аркаим”, созданного вокруг уникального поселения-крепости бронзового века в Челябинской области. Почвы заповедника типичны для Зауральского плато. Детально охарактеризованы свойства почв на основании комплексного изучения 170 разрезов и четырех ботанико-почвенно-геолого-геоморфологических профилей. На его территории выделено шесть генетических групп почвенного покрова: денудационные и аккумулятивно-денудационные поверхности мелкосопочника, денудационно-аккумулятивные, аллювиально-озерные, пойменные и долинно-ложбинные ареалы. Черноземы занимают около 50% площади заповедника, солонцы и засоленные почвы – 32%, черноземно-луговые – 7%, лесные – 1%. Почвы заповедника характеризуются языковатостью, небольшой мощностью профиля, часто встречающейся солонцеватостью и засоленностью, которые унаследованы от пород и сохраняются длительное время в сухом континентальном климате.

Установлены различия свойств и генезиса почв, развитых на различных по возрасту и составу материнских породах. Почвы заповедника располагаются в ряд по возрастанию мощности профиля и запасов гумуса: развитые на элювии изверженных пород – переотложенных каолиновых глинах – монтмориллонит-гидрослюдистых незасоленных и засоленных суглинках и глинах. В слое 0–20 см почв заповедника содержится 2.5–5.6% С орг, его запасы в слое 0–0.5 м составляют 57–265 т/га, слое 0–1 м – 234–375 т/га. Почвы пастбищ, занимающие 2/3 территории, подвергавшиеся сильной деградации, отличаются от пахотных аналогов большим содержанием гумуса (на 10–16%) и обогащенностью лабильной фракцией (28–40% от С орг).

ВВЕДЕНИЕ

Исследовались почвы музея-заповедника “Аркаим” (52°37–40’N, 59°32–37’E). Он создан для сохранения уникального укрепленного городища возрастом 3800–4000 лет, открытого Здановичем [2, 16–18]. Название заповедник получил от горы Аркаим (398 м) – близ расположенной наивысшей точки местности. Материалы о природных условиях, структуре почвенного покрова, свойствах и особенностях засоленных почв заповедника “Аркаим” опубликованы в ряде работ [4, 7, 8, 13]. Заповедник характеризуется широким спектром почвообразующих пород, часто весьма уникальных, различных по генезису, возрасту, свойствам. Однако особенности почв, формирующихся на разных материнских породах, и их гумусовое состояние исследованы недостаточно. Данным вопросам посвящена наша статья. Работа важна для последующего мониторинга состояния почв в условиях заповедного режима.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 09-05-92106-Яф-а) и заповедника “Аркаим”.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Общие свойства почв определялись по [1], состав гумуса – по И.В. Тюрину [10]. При работе на территории заповедника использовался метод почвенно-геоморфологического профилирования. В ходе работы проложено и изучено четыре ботанико-почвенно-геолого-геоморфологических профиля, пересекающих заповедник, общей длиной 16.4 км с расположением почвенных разрезов через 200–300 м. На территории заповедника изучено более 170 разрезов.

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ЗАПОВЕДНИКА

Заповедник “Аркаим” находится в 400 км от Челябинска, в Брединском районе у слияния рек Утяганка и Б. Караганка (притока р. Урал). Заповедник создан в 1992 г., его площадь составляет 3500 га. Территория заповедника относится к восточному склону горного Урала, к юго-западной части Зауральского плато с высотами 300–400 м над ур. м. Тектонические поднятия, начиная с

верхнего олигоцена, определили формирование речной сети, гряд и куполов мелкосопочника, высота которого на 50–100 м выше, чем пенеппен [9].

К л и м а т. На почвообразование влияет континентальный климат региона. Средние температуры составляют: годовая $+1...+3^{\circ}\text{C}$, января $-17...-18^{\circ}\text{C}$, июля $+19...+20^{\circ}\text{C}$. Сумма температур больше 10°C равна 1950–2300, продолжительность безморозного периода – 111–125 дней. В районе выпадает 300–360 мм осадков в год, из них 45% – летом в виде ливней и 10–12% – зимой. Мощность снежного покрова не превышает 0.25 м. Почвы промерзают на глубину 0.8–2.0 м. Снеготаяние происходит по замерзшей почве, и вода не впитывается в нее. Годовая испаряемость составляет 450–650 мм. Коэффициент увлажнения равен 0.4–0.8. Значительный ущерб почвам и посевам могут наносить суховеи и дефляция.

П о ч в о о б р а з у ю щ и е породы заповедника отличаются разнообразием [6]. Материнскими породами для почв служат: четвертичные, неоген-четвертичные и неогеновые глины и суглинки, мезозойские переотложенные глинистые каолиновые коры выветривания и элювий палеозойских массивно-кристаллических пород. Отложения девона представлены базальтами, андезитами. Широкое развитие в регионе имеют риолиты и базальты нижнекаменноугольного возраста. Пестроцветные и бурые и глины миоцена встречаются на этой территории редко. Плиоценовые породы широко распространены, они разделяются на нижний (красноцветных глин) и верхний комплексы (песчаных отложений). Породы четвертичного возраста приурочены к долинам рек.

Отложения мезозойской эры широко распространены в Зауралье [11, 12]. Они представлены переотложенными корами выветривания каолинового состава мощностью от 1 до 40 м, различающимися по цвету, текстуре и свойствам. На кислых и средних породах формируются белые бесструктурные каолиновые глины с включениями зерен кварца и реже гидроксидов железа. На ультраосновных породах образуются твердые и пористые глины бурого цвета. Глины, формирующиеся на сланцах и вулканогенно-осадочных отложениях, имеют различную окраску. Каолиновые породы обеднены щелочноземельными элементами и карбонатами; характеризуются небольшими величиной емкости катионного обмена (**ЕКО**) и содержанием поглощенного Са, высокой долей обменного Mg (до 40%) и Na (до 15%); они часто засолены и солонцеваты.

Р а с т и т е л ь н о с т ь. Среди естественной растительности преобладают разнотравно-ковыльно-типчаковые сообщества [5]. Целинные участки зарастают овсецовыми и коржинско-ковыльными степями. На склонах сопков и днищах ложбин встречаются виды, характерные для луго-

во-разнотравных степей. Средние части склонов, занимающие большую часть изученной территории, находятся под кустарничковыми ассоциациями караганы и спиреи, разнотравно-ковыльными и разнотравно-овсецовыми сообществами. Березовые и реже лиственнично-березовые леса сохранились в западинах, по перегибам холмов и увалов и занимают 1% территории. Полынные ассоциации преобладают на засоленных, солонцеватых и неполноразвитых почвах. Выходы горных пород характеризуются наличием растительности каменистых степей. Богата и разнообразна приречная и пойменная флора. На заболоченных участках растут осоки, вейник и ивняк.

Растительность заповедника подвергалась дегрессии в результате интенсивного перевыпаса. Ровные пространства исследуемой территории начали распаиваться с конца 1950-х годов. К началу 1980-х годов площадь пахотных почв увеличилась с 583 до 1077 га. В это время часть пашни засеяна костром безостым, люцерной или эспарцетом (старосеяные луга). С 1991 г. начался заповедный режим, и пахотные угодья превратились в залежи.

Подземные воды, заключенные в массивно-кристаллических породах, слабоминерализованы, имеют $\text{SO}_4\text{--Cl--HCO}_3$ состав с преобладанием ионов Са и Mg [3]. Грунтовые воды под молодыми рыхлыми отложениями приобретают $\text{HCO}_3\text{--SO}_4$ и $\text{HCO}_3\text{--Cl}$ состав, а в катионном комплексе немаловажную роль начинают играть ионы Na. Грунтовые воды в бассейнах рек залегают на глубине около 6 м, пойме – 1–3 м.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Обследовано более 170 разрезов, составлены четыре комплексных профиля, пересекающих заповедник в разных направлениях, общей длиной 16.4 км (рис. 1–2). При их прокладывании почвенные исследования сопровождались ботаническим, геологическим и геоморфологическим изучением территории. Профиль I пересекает долину р. Б. Караганка выше впадения в нее р. Утяганка. Он имеет протяженность 5.4 км, включает в себя все геоморфологические элементы, встречающиеся на территории заповедника, и состоит из 26 разрезов. Профиль II проходит через долину р. Утяганка выше впадения ее в р. Б. Караганка, простирается на 5.0 км, насчитывает 20 разрезов. Профиль III проложен по склону мелкосопочника параллельно правому берегу р. Б. Караганка и вскрывает в основном почвы на древних корках выветривания (протяженность – 4.6 км, количество разрезов – 26). Изучение этого профиля позволило впервые выявить широкое распространение на данной территории почв, развитых на мезозойских корках выветрива-

ния каолинового состава, и уточнить границы их распространения. Профиль IV (протяженность 1.4 км, количество разрезов – 8) заложен для изучения почв долинообразного понижения с абсолютными высотами 358–380 м, заполненного неогеновыми и неоген-четвертичными глинами и суглинками. Изучение профилей заповедника позволило выявить разнообразие почв, биоценозов, почвообразующих пород, сложную структуру почвенного покрова и основные особенности его пространственного распределения.

На территории заповедника выделено шесть генетических групп почвенного покрова [7]: денудационные и аккумулятивно-денудационные поверхности мелкосопочника, денудационно-аккумулятивные, аллювиально-озерные, пойменные и долинно-ложбинные ареалы. Ниже приведена характеристика почв и почвенного покрова этих поверхностей.

Почвенный покров денудационной поверхности мелкосопочника (340–400 м над ур. м.). В местах выхода кислых пород (риолитов, липаритов) сформировались гряды, денудационные останцы и гребни. В ареалах обнажения основных пород (базальтов) гряды перемежаются с понижениями, занятыми овражно-балочной сетью и заполненными делювием. Почвенный покров представлен неполноразвитыми почвами: черноземами и лесными почвами. Они характеризуются малой мощностью (25–50 см), большим запасом гумуса, сильной щебнистостью (40–60%), хорошей оструктуренностью, легко- и среднесуглинистым гранулометрическим составом (рис. 2–4, табл. 1, 2).

Под степной растительностью на денудационных поверхностях формируются неполноразвитые черноземы. В почвах запасы CaCO₃ невелики, карбонатные кутаны обнаружены на нижних гра-

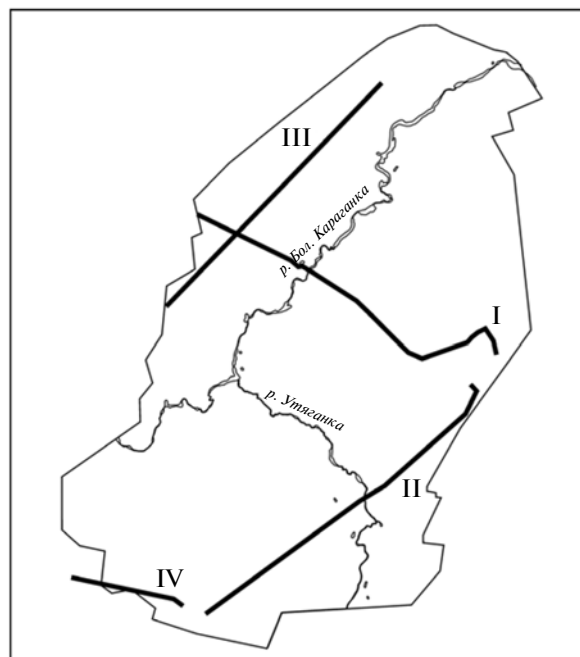


Рис. 1. Схема комплексных ботанико-почвенно-геолого-геоморфологических профилей I, II, III, IV в заповеднике “Аркаим”.

нях щебня. В основном карбонаты накапливаются в почве в результате эолового отложения и биогенной аккумуляции. При укороченном гумусовом профиле эти почвы характеризуются более высоким содержанием гумуса в мелкоземе верхнего горизонта, чем полнопрофильные черноземы. Его состав фульватно-гуматный, степень гумификации средняя. В данных почвах среди гумусовых кислот велика доля третьей фракции, прочно связанной с глинистыми минералами (рис. 5, 6).

Таблица 1. Структурные показатели верхнего горизонта почв заповедника “Аркаим”, n = 1–4

Почва, вид использования	Коэффициент структурности	Сухое просеивание, агрегаты 0.25–10 мм	Водопрочные агрегаты >0.25 мм
Чернозем обыкновенный, пастбище	1.9	66	73
Чернозем обыкновенный, пашня	1.7	63	51
Чернозем обыкновенный на каолиновых глинах, пастбище*	1.1	53	44
Чернозем неполноразвитый на каолиновых глинах, пастбище	0.9	49	44
Черноземно-луговая, пашня	2.0	67	52
Луговая, пастбище	2.3	70	
Лугово-болотная, пастбище	1.3	57	46
Аллювиально-дерновая, пастбище	3.3	77	67
Лесная неполноразвитая, лес	3.0	75	57

* Почвообразующие породы других почв даны в тексте статьи.

Таблица 2. Свойства лесных почв заповедника "Аркаим"

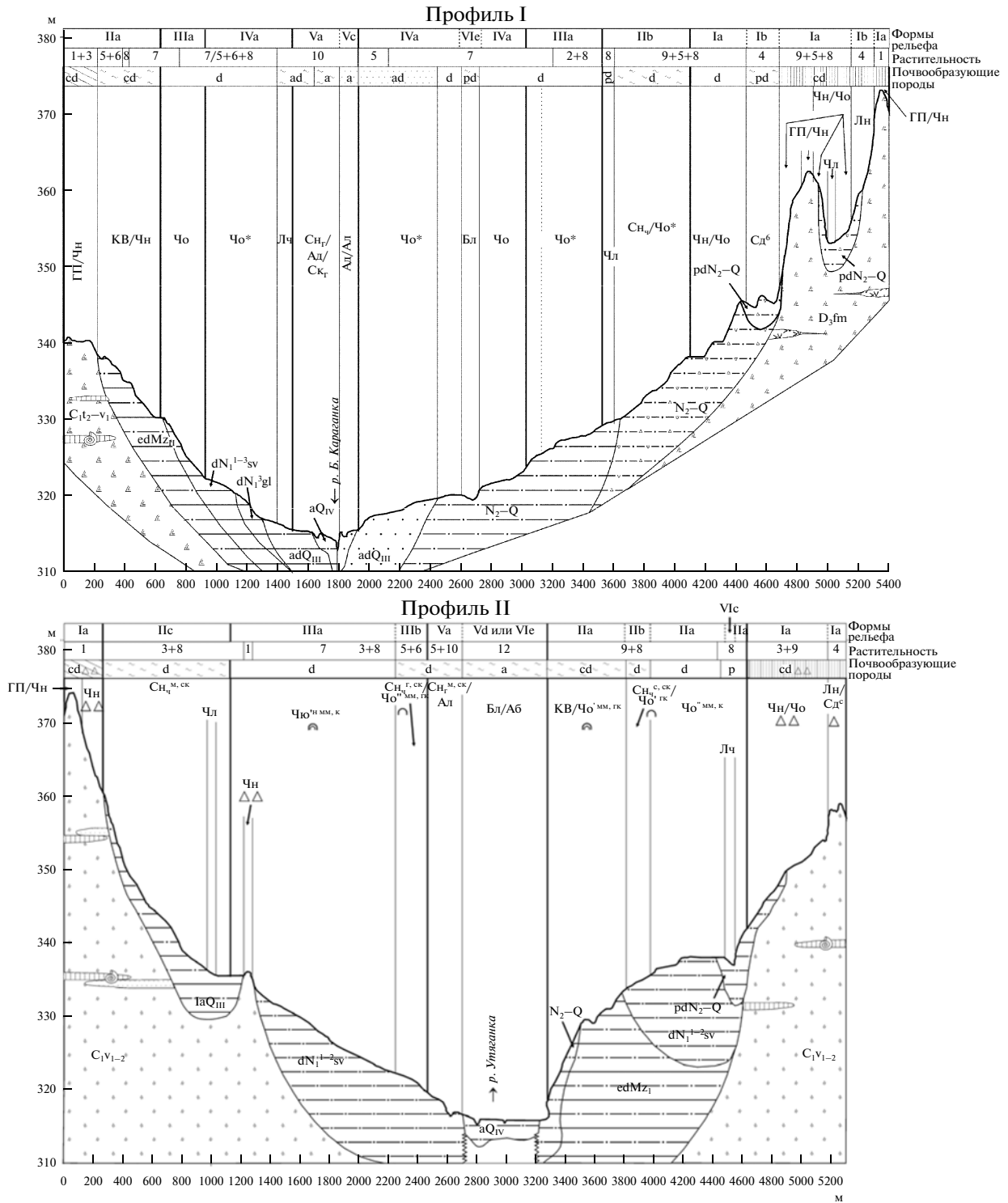
Горизонт	Глубина, см	рН водный	Обменные катионы, ммоль/100 г				Фракции, %		Плотность сложения, т/м ³
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Сумма	<0.01 мм	<0.001 мм	
Серая лесная неполноразвитая почва на элювии липаритов, лес, разр. 9									
АО	0–4	6.2	40	10		50	24	3	0.95
АУ	4–10	5.9	24	9	0.2	33	50	18	1.05
ЕВ	10–20	5.5	13	4	0.6	18	27	4	1.05
В	20–35	5.9	12	5	1.0	18	22	3	1.41
ВС	35–50	6.2			1.8		15	2	1.44
Солодь лесная на элювии липаритов, лес, разр. 8									
AU	0–15	5.5	33	9	0.2	42	47	16	1.00
EL	15–28	5.2	17	4	1.2	23	54	20	1.36
EL	28–42	4.8	10	5	1.4	16	56	17	1.50
BT	42–68	4.3	–	–	1.2	24	64	25	1.62
BC	68–100	4.3	–	–	–	–	55	25	1.62
С	100–120	4.4	–	–	–	–	42	18	1.62
Болотно-луговая почва на неоген-четвертичных породах, залежь, разр. 3									
Н	0–20	6.0	22	6	–	28	39	9	1.05
Ng	20–40	5.9	14	2	–	16	53	14	1.16

Под лесной растительностью мелкосопочника диагностируются неполноразвитые лесные почвы. Их отличительными особенностями являются слабкокислая реакция среды и быстрое уменьшение с глубиной величины ЕКО, содержания обменного кальция и гумуса. Профиль характеризуется ненасыщенностью поглощающего комплекса, которая может достигать 47%. В составе гумуса преобладает лабильная фракция гуминовых кислот (ГК) и фульвокислот (ФК).

В ложбинах при дополнительном увлажнении снеговыми водами формируются *степные и болотные солоды*. Болотные солоды встречаются под

лесной растительностью в условиях избыточного увлажнения. Солоды характеризуются резко дифференцированным профилем, кислой реакцией, высокой обменной и гидrolитической кислотностью, небольшой величиной ЕКО, наличием обменного Na. В верхнем горизонте солоды содержатся 8–11% гумуса, в осолоделом – меньше 1%. В составе гумуса солодей в отличие от других почв заповедника велика доля фракции ФК1а, выделяемой кислотой при декальцировании почв. Верхние элювиальные горизонты этих почв содержат 1.5–2.3 раза меньше илистой фракции и в 2.3–3.3 раза меньше обменных оснований по сравне-

Рис. 2. Профили I–III через заповедник "Аркаим". Условные обозначения к рис. 2–8. **Формы рельефа:** I – денудационные поверхности (Pg-N): Ia – останцы, гряды, склоны, выровненные поверхности, прорезанные микро- и мезоложбинами; Ib – склоны северной экспозиции с микро- и мезоложбинами; II – аккумулятивно-денудационные поверхности (Pg-N): IIa – склоны, прорезанные ложбинами, IIb – выположенные участки склонов, IIc – межсочные седловины; III – денудационно-аккумулятивные поверхности (N2-Q): IIIa – верхние пологие части склонов, прорезанные ложбинами, IIIb – нижние части склонов, прорезанные ложбинами, IIIc – долинообразные понижения; IV – аллювиально-озерные поверхности: IVa – пологие склоны: мезоводораздельные гряды, мезосклоны и ложбины, IVb – выровненные участки с ложбинами; V – пойменные поверхности: Va – бугорки с межбугорковыми понижениями и ложбинами, Vb – ровные участки с понижениями, Vc – устья крупных ложбин и балок, Vd – сухие старицы и пристаричные понижения; VI – долино-ложбинные поверхности (Q): VIa – Ve – ложбины разной длины, глубины, ширины и площади водосборов. **Геологические периоды:** Q – Четвертичный, N – Неоген, Mz – Мезозой, C – Карбон, D – Девон, S – Силур. **Почвообразующие породы:** a – аллювий, d – делювий, e – элювий изверженных пород, p – пролювий. ГП – изверженные породы, KB – каолиновые коры выветривания. **Растительные сообщества:** 1 – бедные каменистые полынно-типчаковые и типчаково-тырсовые, 2 – овсецовые и 3 – коржинскоковыльные степи; 4 – лиственнично-березовые леса, травяные со степной вишней; 5 – солонцовые полынно-тырсовые, 6 – полынно-типчаковые, 7 – степи, залежи сорняков, 8 – луговые степи, остепненные луга, 9 – разнотравно-красноковыльковые степи, 10 – невскоячменные и пойменные луга, 11 – кермеково-колосняковые и колосняково-белопопынные, 12 – заросли осоки, тростника, рогоза. **Почвы: черноземы:** Чн – неполноразвитый, Чо – обыкновенный; Чю – южный, Чл – лугово-черноземная; Лч – черноземно-луговая; Л – луговая, Бл – лугово-болотная; **солонцы:** Сна – автоморфный, Снг – гидроморфный; Сл – солончак; Ад – аллювиально-дерновая; Ал – аллювиально-луговая, Сд – солодь; Лн – лесная неполноразвитая; сн – солонцеватая, к – карбонатная.



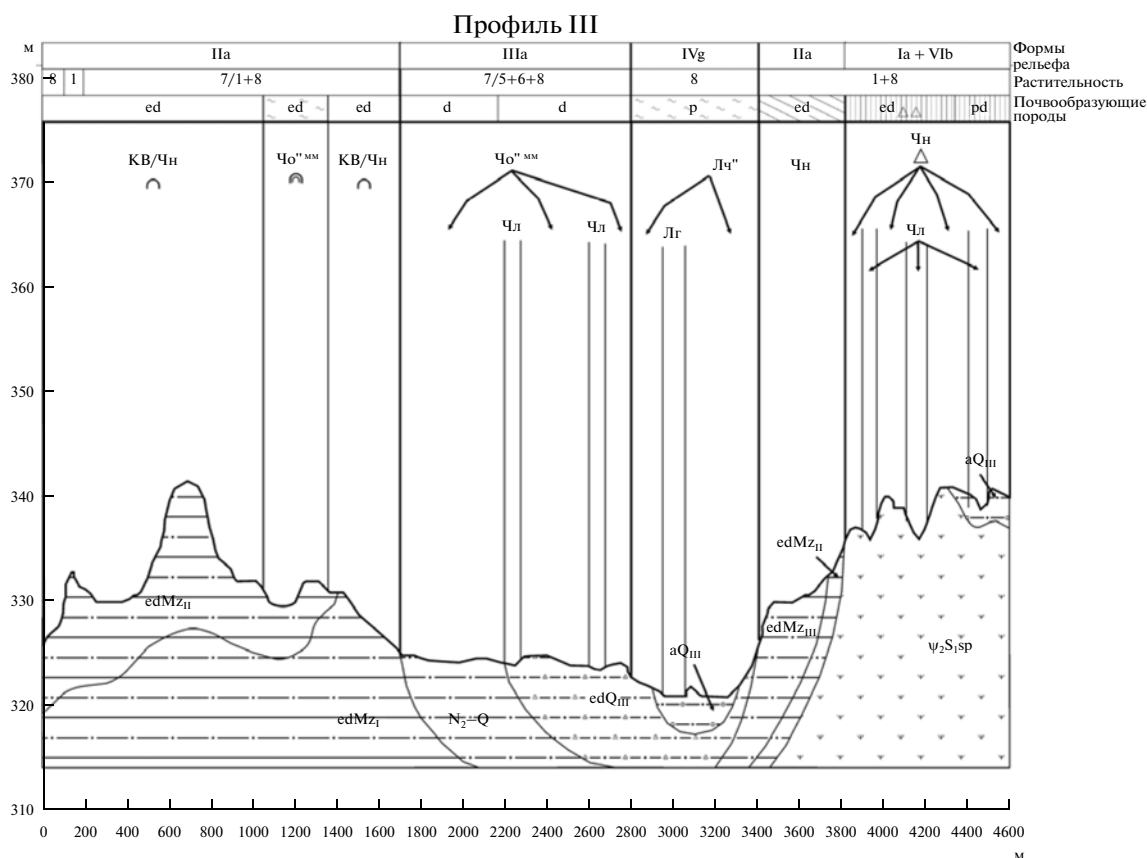


Рис. 2. Продолжение.

нию с иллювиальными горизонтами. Болотные солончи отличаются от степных большими запасами гумуса и величиной ЕКО, а также меньшим содержанием обменного Na.

Почвенный покров аккумулятивно-денудационных поверхностей (350–370 м над ур. м.) со слабо- и полносформированными черноземами и солонцами. Здесь почвы развива-

ются на переотложенных мезозойских корях выветривания и неогеновых глинах и сулинках.

Почвы на каолиновых корях выветривания. Особенности каолиновых пород наследуются почвами, формирующимися на них. Обедненность каолиновых глин обменным кальцием и карбонатами, а также относительно небольшая продукция биомассы ограничивают развитие почв. Особенности этих почв также обусловлены медленным

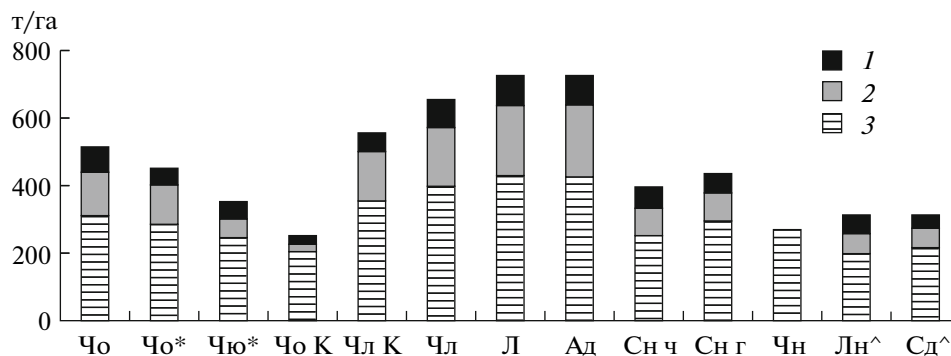


Рис. 3. Запас гумуса в разных слоях почв заповедника "Аркаим" (n = 3–10). Слои: 1 – 0–0.5 м; 2 – 0.5–1 м; 3 – 1–1.5 м. В индексе почв * – пашня, ^ – лес, остальные – пастбище, К – каолиновые породы, состав остальных пород указан в тексте статьи.

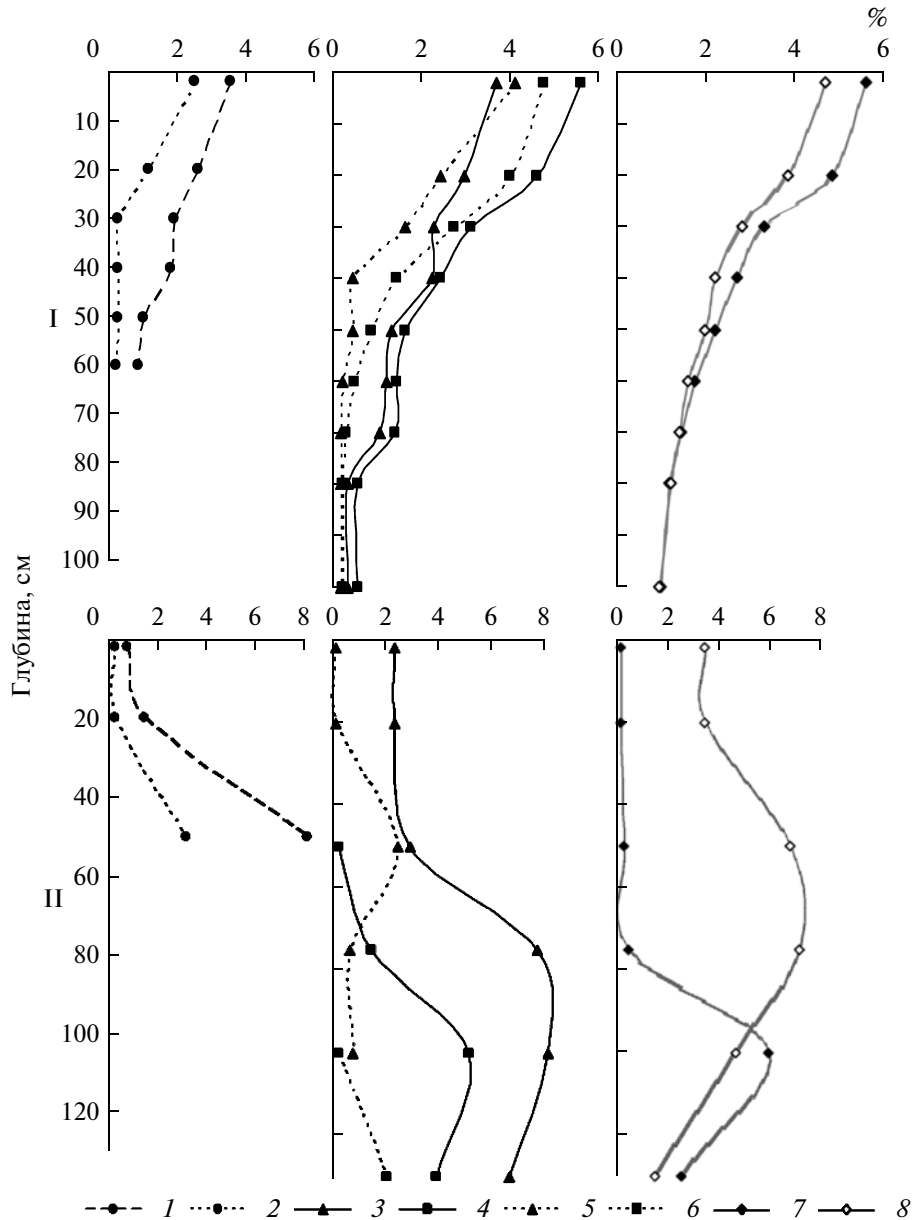


Рис. 4. Содержание углерода (I) и CaCO_3 (II) в почвах заповедника, развитых на разных породах ($n = 5-15$). На элювии липаритов: 1 – чернозем неполноразвитый; на каолиновых глинах: 2 – чернозем неполноразвитый, 5 – чернозем обыкновенный, 6 – черноземно-луговая почвы; на иллит-монтмориллонитовых суглинках: 3 – чернозем обыкновенный, 4 – черноземно-луговая почва, 7 – луговая почва; на аллювиальных породах: 8 – аллювиальная почва.

формированием на поверхностях с большой скоростью денудации и плохими фильтрационными свойствами.

Обыкновенные черноземы, развитые на этих отложениях, обычно маломощные, слабощелочные, тяжелосуглинистые. Они имеют слабую оструктуренность, небольшое абсолютное количество обменного натрия, но высокое относительное его содержание из-за небольшой величины ЕКО (табл. 3). Для их профиля характерно наличие висячих карбонатных, гипсовых и солевых горизонтов. Максимум содержания гипса и лег-

корастворимых солей (до 2.5–3%) приурочен к гор. ВС (табл. 4).

В этих почвах содержание органического вещества быстро убывает с глубиной, его запасы невелики. Состав – гуматно-фульватный или гуматный (С гк/С фк 1.3–2.2), степень гумификации высокая в гор. А (до 40%) и уменьшается вниз по профилю до 23%. В составе гумуса черноземов на каолиновых породах в отличие от черноземов на гидрослюдисто-монтмориллонитовых суглинках меньше доля гумусовых кислот второй фракции и больше – ГК1 и ФК1 (рис. 5, 6). Это свидетель-

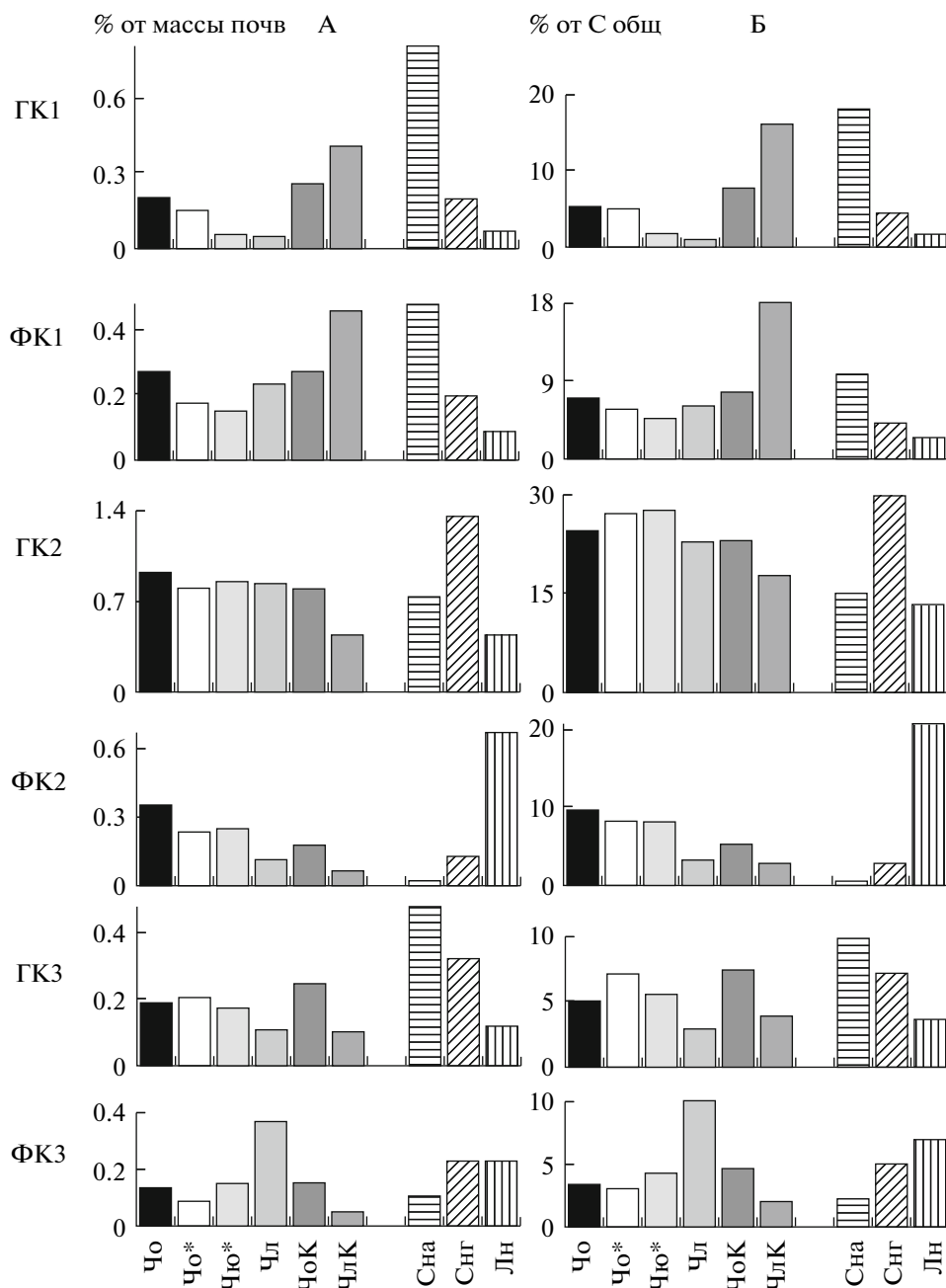


Рис. 5. Фракционно-групповой состав гумуса почв заповедника "Аркаим".

ствует о большей лабильности гумуса первых почв по сравнению со вторыми.

Почвы на неогеновых глинах и суглинках. Эти отложения образовались главным образом за счет размыва древних кор выветривания. Выположенные участки склонов и межсочные седловины характеризуются крайне слабой дренированностью. На склонах такого типа эрозия и аккумуляция не отмечаются. На выположенных участках склонов почвенный покров представлен обыкновенными черноземами маломощными карбонат-

ными слабо- и среднесолонцеватыми и засоленными, а также черноземными солонцами. Седловины представляют зоны аккумуляции ила и солей. Здесь распространены мелкие и средние черноземные солончаковые солонцы. В составе солей преобладают сульфаты и хлориды.

Черноземные солонцы автоморфные и гидроморфные часто встречаются в заповеднике. Велико варьиование мощности их гумусовых горизонтов (от 5 до 20 см), глубины залегания солей, степени и химизма засоления. Автоморфные со-

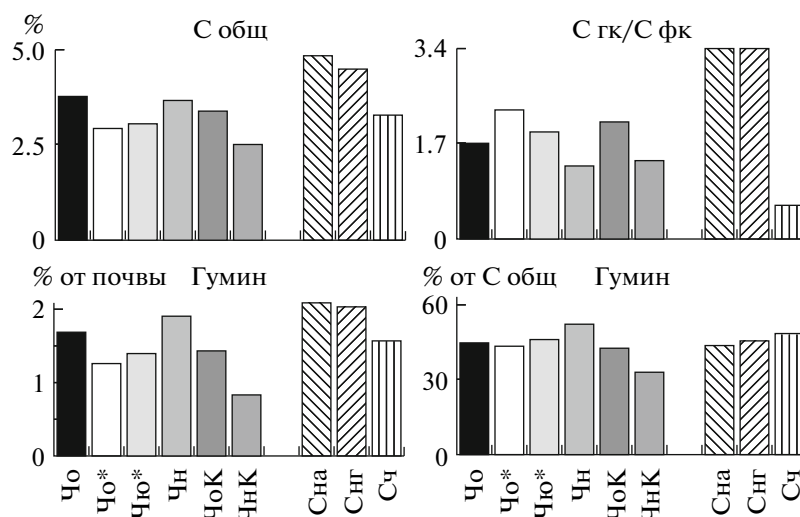


Рис. 6. Содержание С общ, гумина и отношение С гк/С фк черноземов и засоленных почв заповедника.

лонцы образуют комплексы с черноземами. Емкость катионного обмена солонцов высокая, велико содержание обменного натрия (15–30% от ЕКО) и магния (40–45% от ЕКО). Для них характерна слабощелочная реакция, карбонатность с поверхности, неглубокое залегание легкорастворимых солей. Они содержат 3–5% органического вещества в верхнем горизонте и до 2–2.5% – в солонцовом. Состав органического вещества гор. А1 гуматный с преобладанием среди гуминовых кислот фракции, связанной с кальцием. В солонцах среди ФК доминирует первая фракция и велика доля третьей фракции, прочносвязанной с минералами.

Почвы денудационно-аккумулятивных поверхностей (320–360 м над ур. м.), развитые на неоген-четвертичных делювиальных глинистых и суглинистых отложениях гидрослюдисто-монтмориллонитового состава. Эти поверхности представлены долинообразными понижениями и озерно-делювиальной равниной, для которой характерно чередование невысоких холмов и гряд и неглубоких ложбин и балок. Хорошая водопроницаемость, оструктуренность и большая влагоемкость почвообразующих пород, высокая продуктивность растительности благоприятны для почвообразования. Почвенный покров представлен полнопрофильными обыкновенными и южными черноземами. В верхней части озерно-делювиальной равнины отмечается неглубокое залегание остаточного засоленных неогеновых глин. Здесь типично сочетание черноземов обыкновенных маломощных карбонатных и солонцов.

Обыкновенные черноземы залегают на выровненных поверхностях с уклонами менее 5°. Для

исследованных черноземов характерна языковатость. Эта особенность зауральских черноземов, отличающая их от восточно-европейских, отмечалась всеми учеными, исследовавшими данные почвы. Слабее она выражена в супесчаных почвах. Слоистый характер толщи благоприятствует четкому выделению трещин. Они прослеживаются на глубине 0.5–2 м, их ширина составляет 5–10 см. Трещины заполнены материалом из вышележащего слоя, отличающегося от вмещающего их горизонта большей гумусированностью, оструктуренностью и меньшей плотностью. Отмечается формирование 2–3 генераций гумусовых языков по былым трещинам. Более древние гумусовые языки имеют коричнево-серую окраску, более молодые – темно-серую.

В обменном комплексе черноземов при преобладании кальция существенную долю составляет магний. Это исследователи связывают с палеогидроморфизмом [7, 9]. Углекислые соли черноземов представлены белоглазкой, пятнами и тонкодисперсной формой, пропитывающей почвенную массу. Характер карбонатного профиля черноземов изменяется в зависимости от условий мезорельефа. На мезоводораздельных гривках мощность выщелоченного слоя составляет 40 см, в ложбинах – 60–80 см. На склонах сопок формируются карбонатные и солонцеватые черноземы. Это обусловлено тем, что большая часть осадков стекает со склонов, не впитываясь в почву, а преобладающие восходящие водные потоки приносят углекислые соли к поверхности. Также к увеличению окарбонирования черноземов приводит денудация поверхности в результате эрозии, особенно на пашне.

Содержание гумуса в верхнем слое глинистых и суглинистых обыкновенных черноземов на

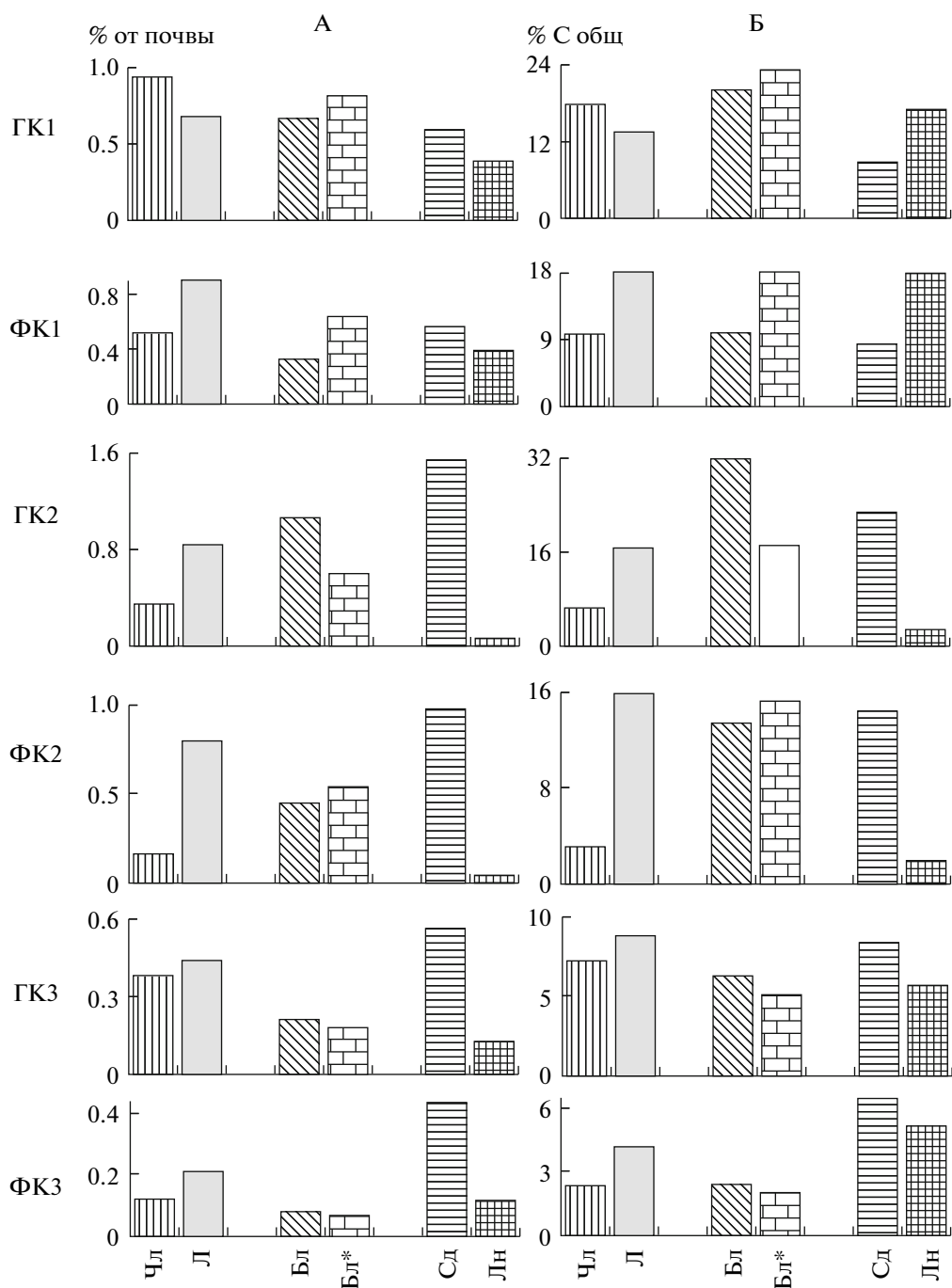


Рис. 7. Фракционно-групповой состав гумуса гидроморфных и лесных почв заповедника "Аркаим".

пашне составляет 4.3–5.6%, на пастбище оно на 1% выше. Количество гумуса резко убывает до 0.7–1.2% в гор. В. Органическое вещество данных черноземов характеризуется высокой степенью гумификации (до 44%), его состав гуматный или фульватно-гуматный ($C_{гк}/C_{фк}$ 1.1–2.8). Меньшее значение этого показателя отмечается в солонцеватых черноземах. Среди гумусовых кислот доминирует вторая фракция.

Южные черноземы на территории заповедника встречаются редко. Обычно это среднемошные среднегумусные глубокозасоленные слабо- и среднесолонцеватые почвы. По многим свойствам они близки к черноземам обыкновенным. Отличаются от них наличием гипсового горизонта, худшей водопрочностью агрегатов, большей выраженностью солонцеватости и засоленности. Южные черноземы заповедника могут быть ре-

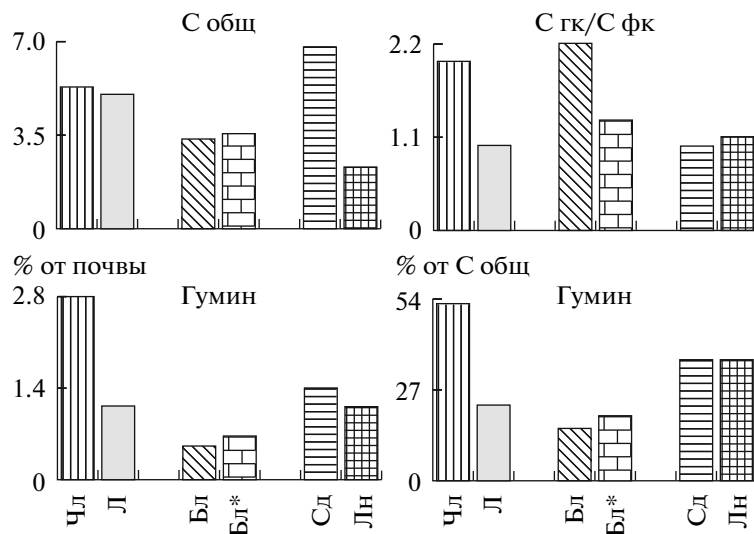


Рис. 8. Содержание С общ, гумина и отношение С гк/С фк гидроморфных и лесных почв заповедника.

ликтами эпох аридизации, сохранившимися в сравнительно неблагоприятных условиях при близком залегании засоленных и загипсованных плиоценовых глин.

Полнопрофильные черноземы и солонцы четвертичных аллювиально-озерных поверхностей (310–320 м над ур. м) в долинах рек Утяганка и Б. Караганка, развитые на аллювиально-делювиальных глинах и суглинках. Это плоские, местами полого наклонные равнины. Их топография осложнена наличием отдельных останцов коренных пород и западин карстового происхождения. Почвенный покров аллювиально-озерных равнин отличается от почвенного покрова денудационно-аккумулятивной поверхности большим участием солонцов и луговых почв. Почвы имеют разный гранулометрический состав: от супесчаного до глинистого — и по свойствам близки к вышеописанным почвам.

Пойменные поверхности (307–314 м над ур. м.) с аллювиальными почвами, гидроморфными солонцами и солончаками на аллювиальных глинах и суглинках. Микро- и мезорельеф пойменной поверхности — эрозионно-аккумулятивный, связанный с динамикой паводков. Это определяет высокую степень контрастности почвенного покрова пойм. На бугорках развиваются гидроморфные солонцы и солонцеватые аллювиальные почвы; в межбугорковых понижениях распространены аллювиально-луговые почвы и реже гидроморфные солончаки. Комплексность почвенного покрова уменьшается на ареалах, в которых почвы развиты на породах супесчаного гранулометрического состава. На этих пространствах исчезают солонцы и засоленные

почвы (левобережье р. Б. Караганка). Кроме того, в пойме встречаются пятнисто-дигрессионные комплексы гидроморфных солонцов и солончаков, образовавшиеся в результате перевыпаса. В центральной заболоченной части поймы р. Утяганка встречаются аллювиально-болотные и лугово-болотные почвы. Для всех почв пойм характерна та или иная степень сульфатно-хлоридного засоления.

Аллювиальные почвы. Аллювиально-луговые и аллювиально-дерновые почвы наиболее распространены в пойме. Для аллювиальных почв характерны слоистость, слабощелочная или щелочная реакция среды, большое разнообразие по гранулометрическому составу, при преобладании тяжелосуглинистых разностей. Нередко в этих почвах встречаются признаки оглеения. Почвы имеют высокое содержание гумуса в верхних горизонтах, резкое (для аллювиально-дерновых) и более плавное (для аллювиально-луговых почв) его убывание вниз по профилю. В аллювиально-дерновых почвах отмечается большой запас гумуса, по сравнению с другими почвами пойм. При большом разнообразии по степени засоленности и хлоридно-сульфатном составе водной вытяжки в аллювиальных почвах велика доля ионов HCO_3^- . Распределение солей по профилю свидетельствует о выпотном водном режиме. В формировании аллювиальных почв главную роль играют аллювиальный и дерновый процессы.

Солонцы луговые развиваются в поймах рек под влиянием минерализованных грунтовых вод. Характеристика автоморфных солонцов приведена выше. Гидроморфные солонцы отличаются от автоморфных близким залеганием к поверхности карбонатных, гипсовых и солевых горизонтов, боль-

Таблица 3. Свойства степных почв заповедника "Аркаим"

Горизонт	Глубина, см	рН водный	Обменные катионы, ммоль/100 г				CaCO ₃ , %	Фракции, %		Плотность сложения, т/м ³
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Сумма		<0.01 мм	<0.001 мм	
Чернозем обыкновенный на неоген-четвертичных породах, пашня, разр. 6										
PU	0–18	7.3	35	12	0.2	47	2	36	15	1.25
AU/BC	18–38	7.9	28	10	0.3	39	1	48	25	1.57
BC	54–75	8.4	17	18	1.3	37	1	59	36	1.67
Ca	75–110	8.7	17	22	2.8	42	12	56	26	1.7
Чернозем обыкновенный солонцеватый солончаковатый на каолиновой глине, пастбище разр. 44										
AO	0–5	6.8	24	17	1.8	43	0	43	9	0.95
AU	5–18	7.0	22	19	2.0	43	0	54	21	1.17
AU/BCA	18–30	7.2	26	9	2.1	37	4	54	16	1.58
BCs	50–80	7.2	–	–	–	–	1	43	8	1.50
Cs	100–150	6.9	12	12	2.2	26	–	44	11	1.40
Чернозем южный средне солонцеватый на неоген-четвертичных породах, пашня, разр. 18										
PU	0–26	7.8	64	15	3.2	83	4	47	20	1.35
AU/BCA	26–50	8.1	42	7	3.4	53	10	51	28	1.46
BCA	50–95	8.5	20	16	3.4	40	20	58	30	1.53
BCAns	120–140	8.6	–	–	–	–	–	55	31	1.50
Cns	140–165	8.0	–	–	–	–	–	47	18	1.54
Черноземно-луговая почва на неоген-четвертичных отложениях, пастбище, разр. 31										
AU	0–25	6.4	44	0.6	0.3	45	1	22	2	1.38
AUB	25–40	6.3	28	0.6	0.2	29	1	39	5	1.50
B	40–55	6.6	14	1	0.2	16	0	39	7	1.57
BC	55–70	6.9	14	1	0.2	15	0	34	10	1.65
Чернозем неполноразвитый слабосолонцеватый на базальтовом элювии, пастбище, разр. 49										
AU	0–12	6.5	44	8	1.2	53	0.1	32	12	–
AUB	12–24	7.1	36	10	1.3	47	0.1	35	19	–
BC	24–50	7.8	32	12	1.5	46	10	17	14	–
Солонец гидроморфный мелкий на неоген-четвертичных породах, пастбище, разр. 20										
AU	0–8	7.6	42	10	3.1	55	–	48	12	1.40
BSNth	15–29	8.1	32	20	3.3	55	–	58	25	1.47
BMKth	30–66	8.4	24	14	2.5	41	–	61	27	1.45
BCAthg	66–96	8.8	36	17	3.7	47	–	76	40	1.49

Примечание. Прочерк – не определяли.

шим содержанием гумуса, меньшим количеством ГК и большей величиной отношения С_{гк}/С_{фк} (2.5–3). Легкорастворимые соли представлены хлоридами и сульфатами натрия и магния.

Солончаки гидроморфные (глеевые) образуют среди солонцов участки небольшой площади, приуроченные к микропонижениям. Для них характерны слабощелочная реакция, большое содержание легкорастворимых солей в верхнем горизонте. Соли представлены в основном хлоридами. В составе гумуса солончаков ФК

преобладают над ГК, среди гумусовых кислот доминирует вторая фракция и велика доля третьей фракции.

Лугово-болотные почвы развиваются в замкнутых карстовых понижениях. В них отмечается периодический или постоянный застой влаги. Поверхностный горизонт нередко оторфован, в профиле формируются глеевые горизонты. Лугово-болотные почвы выщелочены от легкорастворимых солей, гипса и карбонатов. Это тяжелосуглинистые, слабокислые, хорошо гумусированные

Таблица 4. Состав солей засоленных почв заповедника, ммоль/100 г почвы

Горизонт	Глубина, см	Сумма солей, %	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
Солонец луговой гидроморфный мелкий солончаковый на четвертичных отложениях, пастбище, разр. 20										
AU	0–8	0.4	0	1.6	1	6	1.6	0.8	0.3	–
BSNth	15–29	3.7	0	1.1	30	56	18	84	3.7	–
BMKth	30–66	3.4	0	0.8	31	44	6	90	3.3	–
BCAthg	76–96	2.6	0	0.6	25	32	4	70	2.6	–
[AUg]	96–120	1.9	0	0.8	18	24	2	54	1.9	–
[Bg]	120–140	1.1	0.1	1.2	10	12	1	32	1.1	–
Солончак глеевый хлоридный на аллювиальных глинах и суглинках, пастбище, разр. 35										
S	0–8	5.6	0	0.6	66	52	13	20	76	0.12
Sg	8–22	2.4	0	1.10	25	24	1.4	3	37	0.03
BGs	22–24	2.2	0	0.9	25	22	1.4	3	35	0.01
Gs	70–120	1.3	0	0.8	15	12	1.4	2	20	0.02
Солончак глеевый сульфатно-хлоридный на аллювиальных глинах и суглинках, пастбище, разр. 36										
S	5–31	1.2	0.5	1.70	10	14	1.4	1.2	18	0.03
BCAg,s	51–61	0.9	0.5	1.4	8	10	0.8	0.6	14	0.01
BG	68–81	0.1	0.3	1.2	0.4	1.2	0.4	0.2	2.2	0.01
G	143–165	0.1	0	1.2	0.4	0.6	0.6	0.2	1.6	0.02
Чернозем южный среднесиловой среднесолонцеватый глубокозасоленный на неоген-четвертичных отложениях пашня, разр. 18										
PU	0–26	0.1	0	0.8	0.1	1.4	1.2	0	0.9	–
BCA	50–95	0.1	0.1	1.1	0.2	1	0.6	0.2	1.4	–
Cca,s	120–140	1.5	0	0.6	2.2	40	20	10	7	–
	140–165	0.9	0	1.0	5.8	16	4	8	8	–
Чернозем обыкновенный среднесиловой слабосолонцеватый солончаковатый тяжелосуглинистый на каолиновой глине, пастбище, разр. 44										
AO	0–5	0.1	0	0.5	0.2	2	0.4	0.2	1.2	–
AU/BCA	18–30	0.5	0	0.6	6.5	3	3	3	5.8	–
BC	50–80	2.6	0	0.5	30	28	32	22	17	–
C	100–150	0.8	0	0.3	12	3	4	7	8	–

почвы с фульватно-гуматным составом гумуса и значительным количеством лабильных гумусовых кислот.

Почвенный покров долинно-ложбинной сети с луговато- и лугово-черноземными, черноземно-луговыми и луговыми почвами на аллювиально-пролювиальных глинах и суглинках. Эти почвы составляют около 7% площади заповедника. Проводилось разделение ложбин на семь порядков по методу [14, 15]. При этом к первому порядку относились ложбины, в которые не впадает ни одна другая депрессия. При слиянии ложбин одинакового порядка образуется понижение следующего, более высокого ранга. Ложбины первого и второго порядков – самые молодые на территории заповедника, неод-

нократно меняли свое местоположение. Они распространены на всех типах поверхностей и отражают динамику современного и древнего почвообразования. Почвы, формирующиеся в ложбинах первого и второго порядков, отличаются от фоновых в основном более тяжелым гранулометрическим составом и большим количеством мелкозема в щебнистых почвах. В большинстве случаев эти почвы определяются как луговато-черноземные.

Расположение ложбин третьего порядка стабильно. К ним приурочены в основном лугово-черноземные почвы, отличающиеся от черноземов более развитой дерниной, большей мощностью гумусового профиля, большим содержанием гумуса и более равномерным его распределением по профилю. Образование ложбин четвертого и

пятого порядков связано с развитием эрозионной сети на территории заповедника. В ложбинах четвертого порядка в условиях значительного дополнительного увлажнения развиваются черноземно-луговые почвы. Обычно это мощные почвы, граница гумусового горизонта у них неязыковатая, карбонаты вымыты до гор. ВС.

Луговые почвы формируются в устьях ложбин пятого порядка. Морфологическими признаками, указывающими на избыточное увлажнение, служат уплотненные новообразования карбонатов, железистые пятна и железо-марганцевые конкреции, встречающиеся в большем количестве, чем в черноземах. Иногда в их профиле отмечаются признаки оглеения. Для этих почв характерны равномерная окраска гумусового и переходного горизонтов и наличие слабоконтрастных и неглубоких гумусовых клиньев. Их профиль более мощный, они лучше гумусированы (5–6% органического вещества в гор. А) и содержат более высокие запасы органического вещества по сравнению с черноземами обыкновенными. Это обусловлено пролювиальным накоплением органического вещества и интенсивным гумусонакоплением при высокой продуктивности луговых почв. Состав их органического вещества гуматный или фульватно-гуматный, степень гумификации и содержание ГК2 меньше, а количество ГК1 (до 30%) больше, чем у черноземов. Среди фульвокислот доминирует первая фракция, что свидетельствует о подвижности гумусовых веществ.

Крупные балки: Сосновый лог и Копытин дол являются понижениями пятого порядка, долины рек Большая Караганка и Утяганка — шестого и седьмого порядков.

Лугово-болотные почвы развиваются в замкнутых карстовых понижениях. В них отмечается периодический или постоянный застой влаги. Поверхностный горизонт нередко оторфован, в профиле формируются глеевые горизонты. Лугово-болотные почвы выщелочены от легкорастворимых солей, гипса и карбонатов. Это тяжелосуглинистые, слабокислые, хорошо гумусированные почвы с фульватно-гуматным составом гумуса и значительным количеством лабильных гумусовых кислот.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведены почвенные исследования территории музея-заповедника “Аркаим”, созданного вокруг выдающегося археологического памятника — поселения-крепости бронзового века Челябинской области. Для заповедника выявлены особенности и генезис почв и почвенного покрова, типичных для Зауральского плато, на основании обследования 170 разрезов и четырех ботанико-почвенно-геолого-геоморфологических про-

филей, пересекающих заповедник в разных направлениях. На территории заповедника выделено шесть генетических групп почвенного покрова: денудационные и аккумулятивно-денудационные поверхности мелкосопочника, денудационно-аккумулятивные, аллювиально-озерные, пойменные и долинно-ложбинные ареалы. Они различаются по условиям образования: абсолютным высотам (от 310 до 400 м над ур. м.), составу (кислые и основные изверженные, каолиновые, монтмориллонит-гидрослюдистые) и возрасту (от девонских до позднеголоценовых) материнских пород, геоморфологическим поверхностям, формам мезорельефа, растительности (лесная, степная, луговая и болотная), геохимическим условиям миграции химических элементов, истории почвообразования. Основные почвы заповедника следующие: неполноразвитые черноземы и лесные почвы мелкосопочника, черноземы обыкновенные карбонатные в комплексе с солонцами склонов, черноземы обыкновенные, реже черноземы южные равнинных пространств; аллювиальные почвы, гидроморфные солонцы и солончаки пойм рек, почвы ложбин с разной степенью гидроморфизма и солоди в депрессиях под березовыми колками. Черноземы занимают 50% площади заповедника, солонцы и засоленные почвы — 32%, черноземно-луговые — 7%, лесные — 1%.

На денудационных поверхностях устойчивость кристаллических пород к выветриванию, хорошая фильтрация и дренированность, а также малые площади водосборных бассейнов приводят к медленной денудации этой поверхности. Это обуславливает малую мощность щебнистых отложений. Профиль неполноразвитых черноземов и лесных почв мелкосопочника может формироваться относительно быстро, а затем он прирастет медленно, сингенетично процессу выветривания кристаллических плотных пород. В данных почвах сохраняется примерное равенство скоростей почвообразования и денудации. Неполноразвитые почвы мелкосопочника содержат больше гумуса под степной растительностью, чем под лесом. Это обусловлено большим поступлением растительного опада в почвы под травянистой растительностью по сравнению с почвами под лесом.

На аккумулятивно-денудационных поверхностях значительная денудация, обедненность мезозойских каолиновых кор выветривания карбонатами и обменным кальцием, а также небольшая продуктивность растительного покрова — причины медленного почвообразования, слабой развитости и оструктуренности формирующихся почв. Расчлененность рельефа в сочетании с плохими фильтрационными свойствами обуславливает развитие денудации — эрозии этих почв. Почвы на каолиновых отложениях по сравнению с почвами на породах монтмориллонит-гидро-

слюдистого состава содержат меньше гумуса, обогащены лабильной его фракцией и обеднены фракцией, связанной с кальцием, в результате небольшого его запаса. В целом почвы, развитые на каолиновых корах выветривания, очень специфичны и считаются реликтовыми.

На мезоводоразделах и пологих склонах денудационно-аккумулятивных ареалов обыкновенные черноземы, развитые на неоген-четвертичной глинах и суглинках монтмориллонит-гидрослюдистого состава, функционируют в наиболее благоприятных условиях. Почвы, развитые в поймах рек, днищах ложбин и логов, сформировались за 2–3 тыс. лет синхронно процессам активного образования речного аллювия и ложбинных отложений. Почвы пойм неоднократно засолялись и рассолялись в связи с изменением базиса эрозии, колебаний высоты паводков при изменениях климата.

Засоленные почвы занимают не менее 30% территории заповедника. Они представлены солонцами и солончаками. Их площадь увеличится, если включить в нее черноземы разной степени засоления. Солонцеватость и засоленность почв обусловлены наличием обменного натрия и легкорастворимых солей почвообразующих пород, слабой степенью дренированности территории, в долинах рек также – близким залеганием минерализованных грунтовых вод. В гор. В зауральских черноземах иногда отмечается морфологически выраженная солонцеватость, которая может не выявляться химически. Многие исследователи считают ее реликтовой [9, 11]. Признаком предшествующих гидроморфных этапов почвообразования также является засоленность глубоких горизонтов черноземов региона, постепенно уменьшающаяся в современных почвенно-климатических условиях.

В слое 0–20 см почв содержится 2.6–5.6% С орг, по его запасам в слое 0–50 см разница между почвами значительна 50–250 т/га. Почвы пастбищ, занимающие 2/3 территории, подверглись сильной дигрессии и отличаются от пахотных аналогов большим содержанием гумуса (на 10–16%) и обогащенностью лабильной фракцией (28–40% от С орг).

Почвы заповедника, как и в целом черноземы Зауралья, отличаются от восточно-европейских почв меньшей мощностью гумусового профиля, большим содержанием гумуса в поверхностном горизонте, хорошо выраженной языковатостью, часто встречающимися засоленностью и солонцеватостью. Эти особенности черноземов региона объясняются сухим континентальным климатом, слабой степенью дренированности территории, наличием солей и обменного натрия в древних переотложенных корах выветривания,

служащих почвообразующей породой или залегающих близко к дневной поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 596 с.
2. Аркаим: Исследования. Поиски. Открытия. По страницам древней истории Южного Урала / Под ред. Г.Б. Здановича. Челябинск, 1995. 223 с.
3. Геохимия ландшафтов Юго-Восточного Зауралья. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1966. 183 с.
4. *Еремченко О.З.* Природно-антропогенные изменения солонцовых почв в Южном Зауралье. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 1997. 319 с.
5. *Ермолаев А.М.* Динамика разновозрастных антропоизированных травянистых экосистем Аркаима // Природные системы Южного Урала. Челябинск, 1999. С. 164–183.
6. *Зайков В.В.* Геологическое строение и полезные ископаемые района музея заповедника “Аркаим” // Природные системы Южного Урала. Челябинск, 1999. С. 5–36.
7. *Иванов И.В., Манахов Д.В.* Структура почвенного покрова черноземных степей Зауральского плато (на примере заповедника “Аркаим”) // Почвоведение. 1999. № 8. С. 958–969.
8. *Иванов И.В., Чернянский С.С.* Общие закономерности развития черноземов Евразии и эволюция черноземов Зауралья // Почвоведение. 1996. № 9. С. 1045–1055.
9. О почвах Урала, Западной и Центральной Сибири. М., 1962. 306 с.
10. *Орлов Д.С., Гришина Л.А.* Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 271 с.
11. *Петров В.П.* Основы учения о древних корах выветривания. М.: Недра, 1967. 343 с.
12. *Побединцева И.Г.* Почвы на древних корах выветривания. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1975. 190 с.
13. *Приходько В.Е., Манахова Е.В., Манахов Д.В., Плеханова Л.Н., Захарова Ю.В.* Изменение состояния гумуса почв степного Зауралья в заповедном режиме // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17, почвоведение. 2006. № 3. С. 10–17.
14. *Философов В.П.* Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1975. 123 с.
15. *Хортон Р.* Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. М.: Изд-во иностр. лит, 1948. 159 с.
16. *Hanks B., Epimakhov A.V., Renfrew A.C.* Towards a refined chronology the Bronze Age of the Southern Urals // Antiquity. 2007. V. 81. P. 353–367.
17. *Shishlina N.I., Hiebert F.T.* The steppe and the sown: Interaction between Bronze Age Eurasian Nomads and agriculturalists // The Bronze Age and Early Iron Age peoples of Eastern Central Asia. Washington DC. 1998. V. 1. P. 222–237.
18. *Zdanovich G.B., Zdanovich D.G.* Arkaim – Sintashta: experience of the mise en valeur des steppes á e’Áge du Bronze // L’Anthropologie. 2010. V. 114. № 4. P. 493–514.